



КРІОБІОЛОГІЯ (від *кріо...* і *біологія*) — розділ біології, що вивчає структурно-функціональні властивості біологічних систем різного рівня організації при охолодженні. К. досліджує механізми кріопошкоджень, кріозахисту, природ. стійкості біол. об'єктів до холоду та репарації після його дії; проблеми застосування гіпотермії, кріотерапії та кріоконсервованих біол. об'єктів у лікуванні різних захворювань; розробляє засоби штуч. кріозахисту біол. систем різного рівня організації, технології кріоконсервування біол. об'єктів.

Дію низьких т-р на біол. об'єкти спостерігали ще в давнину. Овідій, а також Пліній у 3–2 ст. до н. е. описали поведінку риб, які залишилися живими після розмерзання. 1701 нідерланд. природознавець А. Левенгук виявив, що при зволоженні сухого піску, який перемішував, у ньому з'являються живі коловертки. Подібні експерименти з живими істотами здійснив італієць Л. Спалланцані 1787. Він провів паралель між оживленням висушених коловірок та замерзлих жаб, саламандр, комах, вважаючи, що ці явища тісно пов'язані між собою. 1866 франц. дослідник Ф. Пуше, охолоджуючи жаб, молюсків, інфузорій та риб шляхом занурення в суміш з льоду і солі, дійшов висновку, що в таких умовах швидко руйнуються еритроцити, внаслідок чого тварини гинуть. Згодом нім. вчений Ф. Редель установив, що безхребетні, які мають кровоносну систему, оживають після повного заморожування (появи кристалів льоду у рідинах тіла).

На межі 19–20 ст. нім. фізіолог Р. Кокс стверджував, що холонокровні тварини оживають після охолодження, якщо в їхньому організмі міститься незакристалізована рідка частка. Швейцар. фізик М. Пітке встановив, що при т-рі -30°C усі хім. реакції гальмуються і чим нижчий рівень організації мають живі істоти, тим нижчі температури вони можуть витримувати. За даними Ф. Кодіса, протоплазма клітин замороженої рослини відчуває тиск з боку льодяних кристалів, що збільшуються у міжклітинниках або між протоплазмою і оболонкою клітин. Водночас із мех. дією виникає кріопошкодження клітин через зневоднюваль. вплив низьких т-р. У результаті збільшення кристалів льоду у міжклітин. просторах зближуються колоїдні частини протоплазми.

Процес виморожування води в живих системах вивчав П. Бахметєв, звернувши увагу на те, що в дослідках із охолодження живих систем відсутні точні дані про зміну температури тіла тварин. Він обґрунтував явище фіз. переохолодження тканин. рідин і вперше довів можливість гальмування актив. стану живої матерії за допомогою низьких т-р. Подальший розвиток учення про холододовий анабіоз здійснив [М. Кабабухов](#). Він стверджував, що ступ. здатності до вижива-

ння організму залежить від кількості утвор. льоду, на ступ. переохолодження і швидкість виникнення льоду в клітинах впливає вміст вільної і зв'язаної води, цукрів, білків, солей та ін. розчин. компонентів цитоплазми. Знач. внесок у вивчення процесів кристалізації при охолодженні біол. об'єктів зробили амер. вчені Б. Люїс і П. Гехеніу, висловивши думку про те, що розширення при кристалізації льоду призводить до руйнування протоплазми клітин, а летал. пошкодження біол. об'єктів при заморожуванні пов'язані з денатурацій. змінами макромолекул каталітич. білків. М. Московітц, М. Кельвін, а також Дж. Лавлок виявили, що різка зміна температури впливає на розташування ліпід. компонентів, клітин. мембран, а це призводить до зміни їхньої проникності та ін. властивостей. В. Мілованова та І. Соколова пов'язали дію температур. шоку не лише з блокуванням аероб. дихання спермій, а і з процесом гліколізу. *Ф. Осташко* зарахував температур. шок до явищ заг.-біол. порядку, оскільки йому підкорено більшість клітин тварин. і рослин. походження. [А. Білоус](#) і [В. Бондаренко](#) описали роль фазових переходів ліпідів та білків цитоскелета у механізмі розвитку температур. шоку. Дослідж. механізмів кріопошкодження клітини ініціював амер. кріобіолог П. Мейзур. Він виокремив два чинники цього процесу — надмірне зневоднення клітин та внутр.-клітинну кристалізацію. Водночас із цими дослідж. Г. Мерімен виявив, що клітини пошкоджують не тільки сольові, а й несольові розчини при підвищенні осмолярності до зазначеної критич. величини. Він висунув гіпотезу мін. об'єму клітини при заморожуванні, яка дала можливість уточнити деякі з механізмів стійкості клітин до нього. Л. Лозина-Лозинський встановив, що стійкість комах до наднизьких т-р підвищується при переході їх від актив. життєдіяльності до діапаузи з наступ. загартуванням.

Амер. вчений Дж. Бауст довів, що зниження рівня енергет. обміну з перевагою гліколітич. процесів відбувається на фоні накопичення глікогену та жиру, які є джерелом енергет. матеріалу і сировиною для формування захис. властивостей, зокрема цукрів та гліцерину. [К. Грін](#) розробляє методи відмивання, безперерв. перфузії і холододового зберігання нирок для трансплантації, запобігання ушкодженню органів через теплову та холододову ішемію, а також кріоанальгезію для зняття хроніч. і післяоперац. болів. Разом із *Б. Фуллером* він вивчає роль окислювал. стресу у клітинах і тканинах, що зберігаються в умовах гіпотермії, реперфузії й після трансплантації органів (нирки, печінка). Питання холодостійкості об'єктів рослин. походження вивчали *І. Туманов*, *О. Красавцев*, *М. Соловйова*. [В. Грищенко](#) та *В. Тарасов* обґрунтували нові тех. підходи, які дають

можливість швидко заморозити репродуктивні клітини тварин й отримати витрифікований стан системи з високим виходом життєздат. клітин на фоні низького вмісту кріопротектора у середовищі заморожування.

Засн. вчення про кріозахисні речовини вважають М. Максимова. За допомогою дослідів із заморожування рослин виявлено захисну дію цукрів, зокрема глюкози і цукрози, одно- й багатоатом. спиртів, серед яких з успіхом застосовано гліцерин. Як захисну речовину гліцерин випробували А. Берштейн і В. Петропавловський при заморожуванні сперми тварин, встановивши, що клітини в його присутності можуть переносити охолодження до -21°C . Згодом Ж. Ростан здійснив експеримент зі збереження сперми жаби протягом 20 діб при t_{-p} $-4-6^{\circ}\text{C}$ у середовищі, яке містило 10–20 % гліцерину, хоча його здатність захищати спермії ссавців від низьких t_{-p} не встановив. Дж. Лавлок 1953 висловив думку про те, що в основі механізму дії гліцерину при заморожуванні лежить його здатність легко проникати у клітини, бути розчинником і діяти як протисольовий буфер. Пізніше встановлено, що проникаючі у клітину кріопротектори сприяють переохолодженню внутр.-клітин. середовища та частковому переходу його у нітрифікований стан, а також попереджають виникнення на мембрані високих градієнтів осмотич. концентрацій поза- і внутр.-клітин. розчину. 1957 Б. Дашевська і М. Глузман синтезували поліетиленоксиди різної молекуляр. маси — продукти полімеризації закису етилену, які згодом використав М. Пушкар як кріопротектори при консервуванні крові та кістк. мозку. 1959 Дж. Лавлок вказав на кріопротекторні властивості диметилсульфоксиду — одного з найвикористовуваних під час кріоконсервації щільних тканин і органів кріопротекторів. Кристаліч. стан еритроцитів людини, заморожених під захистом різних кріопротекторів, вивчали Ф. Виноград-Фінкель, М. Шраго, Р. Булатова, О. Воротилін, В. Манжелій. Нині в Україні існує декілька шкіл у вивченні питань К. Наук. школа, започаткована В. Грищенком, досліджує проблеми К. і кріомедицини системи репродукції, ембріонал. клітин та тканин людини і тварин. Гол. напрямками її діяльності є визначення впливу надшвидкого охолодження в середовищі багатоконцент. нетоксич. кріоконсерванта на мембран. апарат, нуклеїн. кислоти, ферментативні процеси, цитогенет. показники в ембріонах та сперміях людей і тварин; встановлення механізмів індукції репаратив. процесів у гаметах та ембріонах після кріоконсервації за допомогою біол. та фіз. чинників; з'ясування природи неспецифіч. стійкості гамет і ембріонів риб до чинників кріоконсервації, впливу кріоконсервації на ембріонал. клітини печінки, кістк. мозку, підшлунк. залози та ін. Кріобіохімію мембран. структур клітин вивчає наук. школа, якою керував А. Білоус. Осн. напрями її дослідж.: фундам. аспекти кріопшкоджень, кріозахисту та репарації мембран субклітин. структур і клітин; роль

білків цитоскелета в адаптації клітин до температурно-осмотич. впливу; механізми пошкодження компонентів органів на мембранно-клітин. рівні, обґрунтування системи кріозахисту; внутр.-клітинна регуляція метаболізму в експерим. умовах; механізми холодостійкості клітин адаптованих до холоду тварин та дії біомолекул-адаптогенів, отримуваних з тканин цих тварин. Школа під керівництвом Г. Бабійчука вивчає центр. механізми терморегуляції при природ. і штуч. охолодженні організму, а саме нейрохім. й електрофізіол. процеси охолодження мозку, функції серц.-судин. системи людини і тварин при штуч. охолодженні, механізми природ. та штуч. гіпобіозу, роль гематоенцефаліч. бар'єру в механізмі адаптації організму до холодового впливу, програмне охолодження організму людини і тварин.

Імунобіол. аспектам дії холоду на живі системи клітини й тканини присвяч. діяльність науковців школи під керівництвом А. Цуцаєвої та А. Гольцева. Гол. завданнями школи є опис імунол. реакцій біол. систем на стрес. дію чинників холодового анабіозу; вивчення механізмів репарації нелегал. ушкоджень біол. об'єктів після виходу зі стану холодового анабіозу й ангідробіозу, характеру та механізмів реакції біол. систем різних рівнів організації на перехід у стан холодового анабіозу й ангідробіозу; розроблення технологій кріоконсервування і ліофілізації в біотехнол. виробництві, в гематології і трансфузіології. Представники цієї школи обґрунтували концепцію, згідно з якою кріоконсервування є чинником упр. станом біол. об'єктів; досліджують умови застосування низьких t_{-p} , що цілеспрямовано змінює компонент. склад, імуногенні й імуномодельовал. характеристики кровотвор. клітин; вивчають вплив чинників кріоконсервування на стан геному стовбур. та імунокомпетент. клітин на молекуляр. рівні. Під керівництвом В. Мойсєєва створ. і функціонує школа з низькотемператур. біофізики, яка визначає структурні і функціон. зміни біомакромолекул, штуч. та природ. мембран, їхню роль у кріопшкодженнях та процесах адаптації біосистем до змін фіз.-хім. умов середовища; за допомогою неінвазій. методів вивчає температурну залежність процесів трансмембран. переносу, метаболізму й внутр.-клітин. регуляції клітин людини і тварин у нормі та при патології; досліджує явище випромінювання електромагніт. хвиль у водно-орган. твердій матриці при зміні температури. Відома також школа з експерим. кріомедицини (кер. Б. Сандомирський). Наук. школа Є. Гордієнка досліджує фіз.-хім. механізми кріопшкодження клітин, її представники обґрунтували двофазну теорію кріопшкоджень на етапах фіз.-мат. моделювання процесів, що відбуваються під час заморожування й відігрівання біол. об'єктів, а також багатоступеневу модель заморожування.

Важливе значення у розвитку К. мають дослідж. О. Петренка, Л. Бабійчук, Т. Бондаренко дії наднизьких t_{-p}

на структурно-функціон. особливості гемопоетич. і мезенхімал. стовбур. клітин фетального походження, різних клітин ендокрин. системи. При Інституті проблем кріобіології і кріомедицини НАНУ (Харків) створ. унікал. кріобанк довгострок. зберігання біол. об'єктів, якому 2002 надано статус нац. надбання. Серед осн. досягнень сучас. К. — обґрунтування структур. гіпотези кріопошкодження, яка відводить важливе значення термодинаміч., фіз.-хім. і біохім. перебудовам плазматич. мембран клітин як первіс. мішені кріовпливу; розшифрування механізмів кріопошкодження й кріозахисту лізосомал. гідролаз і білоксинтезуючого апарату клітин; експерим. підтвердження гіпотези механізму роз'єднання ферментатив. гідролізу АТФ з процесом транспорту іона всередину мембран. везикул після низькотемператур. впливу; розроблення нового методу кріоконсервування клітин крові. Крім того, розвинено дослідж. природ. анабіозу простих і складних організмів, нейрофізіології процесів, які контролюють терморегуляцію й холодову адаптацію тварин і людини, механізмів дії охолодження на метаболічні та фізіол. процеси у тканинах головного мозку і серц.-судин. системи; доведено здатність молекул деяких типів кріопротекторів формувати комплекси з біокатіонами та стабілізувати структуру біомолекул у розчинах; вивчено кінетику деформації і зміни об'єму клітин у процесі заморожування, а також характер їхньої взаємодії з кристалами льоду; побудовано фіз.-мат. моделі, що описують процеси осмотич. лізису і температур. шоку, зневоднення клітин і внутр.-клітин. кристалізації; виявлено новий механізм кріопошкодження клітин — мех.-електричний; розроблено спосіб надшвидкого заморожування сперми та ембріонів людини. Традиц. напрямом у К. репродуктив. системи є вивчення механізмів кріопошкодження і кріозахисту сперми рідкіс., зникаючих та пром. видів риб. Створ. колекцій. кріобанк сперми риб, у якому при $t_{-196}^{\circ}\text{C}$ зберігається понад 3 тис. зразків, що сприяє селекц. роботі. Розвиток К. пов'язаний з інтенсифікацією кріоморфол. дослідж., які широко застосовують у вивченні характеру ультраструктур. кріопошкодження і репарації ізольов. клітин і тканин.

Як модел. об'єкт використовують тканину рогівки, що дає змогу проводити кореляцію між змін. структурно-функціон. показниками і життєздатністю тканини у прямому тесті — при трансплантації. Вивчення динаміки активності окислюв.-відновлювал. ферментів, ультраструктури клітин і внутр.-клітин. органел після гіпотерміч. впливу набуло подальшого розвитку в аспекті залежності рівня адаптованості об'єкта до змінених умов середовища (*Т. Юрченко*). Розвиток технол. процесів кріоконсервування біоматеріалів нині неможливий без розроблення, синтезу й апробації кріо-

протекторів і кріоконсервантів. Осн. завдання сучас. К.: виявлення закономірностей пошкодження і обґрунтування методів захисту біол. об'єктів від впливу холоду; розроблення способів та технол. процесів низькотемператур. консервації й ліофілізації біол. матеріалів для використання їх у медицині, біології, галузях нар. господарства (тваринництві та ін.), створення і вивчення захис. речовин (кріопротекторів). Вирішення цих завдань можливе лише на основі комплекс. дослідж. з біології, медицини, фізики, хімії тощо. Центром кріобіол. дослідж. є Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАНУ.

Рекомендована література

1. Смит О. Биологическое действие замораживания и переохлаждения. Москва, 1963;
2. Лозина-Лозинский Л. К. Очерки по кробиологии. Ленинград, 1972;
3. Пушкар Н. С., Белоус А. М. Введение в кробиологию. К., 1975;
4. Пушкар Н. С., Белоус А. М., Цуцаева А. А. и др. Низкотемпературное консервирование костного мозга. К., 1976;
5. Белоус А. М., Бондаренко В. А. Структурные изменения биологических мембран при охлаждении. К., 1982;
6. Цуцаева А. А., Аграненко В. А., Федорова Л. И. и др. Крисконсервирование клеточных суспензий. К., 1983;
7. Кробиология и биотехнология. К., 1983;
8. Сандомирский Б. П., Волкова Н. А. Жизнеспособность кожи при крисконсервировании. К., 1985;
9. Грищенко В. И., Белоус А. М., Парашук Ю. С. Крисконсервация репродуктивных клеток. К., 1986;
10. Цуцаева А. А., Гольцев А. Н., Попов Н. Н. и др. Крисконсервация. К., 1988;
11. Цуцаева А. А., Микулинский Ю. Е., Высеканцев И. П. и др. Холодовой стресс и биологические системы. К., 1991;
12. Нейрофизиологические процессы охлажденного мозга. К., 1992;
13. Белоус А. М., Грищенко В. И. Кробиология. К., 1994;
14. Гордієнко Є. О., Товстяк В. В. Фізика біомембран. К., 2009;
15. Грищенко В. І., Юрченко Т. М. Плацента: кріоконсервування, структури, властивості, перспективи клітинного застосування. К., 2011;
16. Актуальные проблемы кробиологии и кримиомедицины. Х., 2012.

В. І. Грищенко

Бібліографічний опис:

Кріобіологія / В. І. Грищенко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2014. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-2054>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).